

STUDI KELAYAKAN & PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) BENDUNG NJAEN DI KABUPATEN SUKOHARJO



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Oleh:

MUHAMMAD ROBANI

D400150066

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI KELAYAKAN & PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO (PLTMH) BENDUNG NJAEN KABUPATEN SUKOHARJO**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

MUHAMMAD ROBANI

D400150066

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing *acc 17/12-2018*



Aris Budiman, S.T., M.T.
NIK. 885

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI KELAYAKAN & PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) BENDUNG NJAEN KABUPATEN
SUKOHARJO**

OLEH

MUHAMMAD ROBANI

D400150066

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jumat, 12 Januari 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Aris Budiman, S.T., M.T.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Umar, S.T., M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Agus Supardi, S.T., M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)



Dekan,

Dr. Sri Soenarjono, MT., PhD

NIK. 682

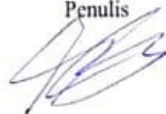
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikas ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 17 Desember 2018

Penulis



MUHAMMAD ROBANI

D400150066

STUDI KELAYAKAN & PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) BENDUNG NJAEN KABUPATEN SUKOHARJO

Abstrak

Pada Rencana Upaya Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL PLN) 2018-2027 PLN mematok pengembangan pembangkit Energi Baru Terbarukan (EBT) ditargetkan sebesar 14.911 MW untuk seluruh wilayah Indonesia. Pada RUPTL PLN 2017-2018. Secara rinci porsi energi pembangkitan tenaga listrik pada tahun 2025 yaitu EBT (23 persen), batubara (54,4 persen), gas (22 persen), dan BBM (0,4 persen). Energi listrik dapat dihasilkan melalui sumber daya air seperti melalui Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Studi kelayakan ini diperlukan untuk mengidentifikasi potensi dari sebuah unit pembangkit di Jawa Tengah untuk PLTMH khususnya Bendung Njaen di Desa Kagokan Kecamatan Gatak Kabupaten Sukoharjo. Ada beberapa metode yang digunakan penulis untuk mencari *headnett* yaitu menggunakan perhitungan manual dan menggunakan *google maps coordinates* untuk mencari titik tertinggi dan terendah dari Bendung Njaen, data debit air Bendung Njaen didapat dari sumber yang terpercaya, serta menggunakan data debit air menggunakan metode apung pada aliran sungai dengan memanfaatkan data kedalaman dan lebar aliran sungai yang telah diukur. Hasil penelitian diperoleh potensi daya listrik di Bendung Njaen dengan ketinggian 5 meter rata-rata potensi daya listrik yang akan bisa dibangkitkan sebesar 11,92 kW dan potensi daya listrik yang dihasilkan tersebut bisa berfluktuasi tergantung besaran debit air di setiap bulan. Tipe turbin yang digunakan adalah Cross Flow *T-14 D300* dan tipe generator sinkron 3 fasa dengan kapasitas 10 kW. Total anggaran biaya untuk desain Bendung Njaen adalah Rp. 2.006.125.000,00.

Kata Kunci: bendung, debit air, *headnett*, PLTMH

Abstract

In the 2018-2027 Electricity Supply Plan (RUPTL PLN), PLN is targeting the development of the Renewable New Energy (EBT) plant to be targeted at 14,911 MW for the entire territory of Indonesia. At PLN 2017 RUPTL. In detail, the energy portion of electricity generation in 2025 is EBT (23 percent), coal (54.4 percent), gas (22 percent), and BBM (0.4 percent). Electrical energy can be generated through water resources such as through Micro Hydro Power Plants (MHP). This feasibility study is needed to identify the potential of a generating unit in Central Java for MHP especially Bendung Njaen in Kagokan Village, Gatak Subdistrict, Sukoharjo Regency. There are several methods used by the author to look for headlines, namely by using manual calculations and using Google Maps coordinates to find the highest and lowest points of Njaen Dam, data from Njaen Dam water discharge obtained from reliable sources, and using water discharge data using floating methods on river flow by utilizing the depth and width of the measured river flow data. The result of the study obtained the electric power potential in Bendung Njaen with a height of 5 meters, the average electric power potential that will be generated is 11.92 kW and the potential of the electric power produced can fluctuate depending on the amount of water discharge in each month. The type of turbine used is Cross Flow *T-14 D300* and 3 phase synchronous generator type with a capacity of 10 kW. The total budget for the design of Njaen Dam is Rp. 2,006,125,000.00.

Keywords: weir, water discharge, *headnett*, MHP

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia sangat penting di sektor industri dan masyarakat. Seiring dengan semakin langkanya bahan bakar fosil dan untuk memenuhi kebutuhan listrik nasional, serta membantu upaya pemerintah untuk menurunkan konsumsi energi fosil, pemanfaatan energi baru terbarukan dan pelaksanaan konservasi energi merupakan hal utama yang berperan dalam menentukan ketersediaan energi. Rencana Upaya Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL PLN) 2018-2027 di mana PLN mematok pengembangan pembangkit Energi Baru Terbarukan (EBT) ditargetkan sebesar 14.911 MW untuk seluruh wilayah Indonesia. Secara rinci porsi energi pembangkitan tenaga listrik pada tahun 2025 yaitu EBT (23 persen), batubara (54,4 persen), gas (22 persen), dan BBM (0,4 persen). Pada saat ini potensi dari sumber daya air belum dapat dimanfaatkan secara umum oleh masyarakat sekitar khususnya pemerintah daerah setempat. Sumber daya air dapat digunakan untuk mengembangkan PLTMH sebagai sumber energi listrik terbarukan yang dapat digunakan untuk penerangan rumah atau industri rumah tangga. PLTMH menggunakan prinsip kerja dengan memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air perdetik pada aliran sungai PLTMH, kemudian air tersebut dimanfaatkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik yang dihasilkan dari turbin akan memutar generator sehingga dari generator tersebut akan dihasilkan energi listrik.

Di Jawa Tengah potensi tenaga air untuk pengembangan PLTMH cukup besar yaitu 75.926 kW dan yang sudah dimanfaatkan sebesar 69.832 kW atau 92 % dari potensi yang dapat dimanfaatkan. Sedangkan potensi yang belum dimanfaatkan sebesar 6.094 kW atau 8% dari potensi yang dapat dimanfaatkan. Rasio Elektrifikasi (RE) di Provinsi Jawa Tengah pada saat ini sebesar 85.29 % (Puskom KESDM, 2014). Potensi energi air yang belum termanfaatkan secara maksimal karena belum tergalinya potensi PLTMH. Atas dasar inilah maka perlu dilakukan penelitian PLTMH di Bendung Njaen di Desa Kagokan Kecamatan Gatak Kabupaten Sukoharjo.

Oleh sebab itu melihat potensi energi air yang ada di Jawa Tengah khususnya di Desa Gatak diharapkan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat sekitar dengan membangun PLTMH.

2. METODE

2.1 Survei Lokasi

Survei lokasi ini bertujuan untuk mendapatkan daerah yang sesuai untuk pembangunan PLTMH yaitu dari ketinggian jatuh air dan debit air.

2.2 Penentuan Lokasi

Lokasi yang berpotensi dibangun PLTMH di Kabupaten Sukoharjo adalah Bendung Njaen Desa Kagokan Kecamatan Gatak. Hal ini dikarenakan hasil dari analisa data yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Bengawan Solo (DINAS PUSDATARU).



Gambar 1. Bendung Njaen dan Saluran Induk

2.3 Pengukuran Besaran Tinggi Jatuh Air

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan besaran tinggi jatuh air yaitu dengan menghitung manual dan memanfaatkan GPS dengan aplikasi *google maps coordinates*.

2.4 Pengukuran Debit Air

Selain menggunakan data debit air yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Bengawan Solo (DINAS PUSDATARU).

Debit air dapat diukur dengan menggunakan metode apung. Dalam metode ini terlebih dahulu menentukan kecepatan aliran air (V) dan menentukan luas penampang air (A) dengan persamaan :

$$A = l \times h \quad (1)$$

$$V = s/t \quad (2)$$

Untuk menghitung debit air dengan menggunakan persamaan :

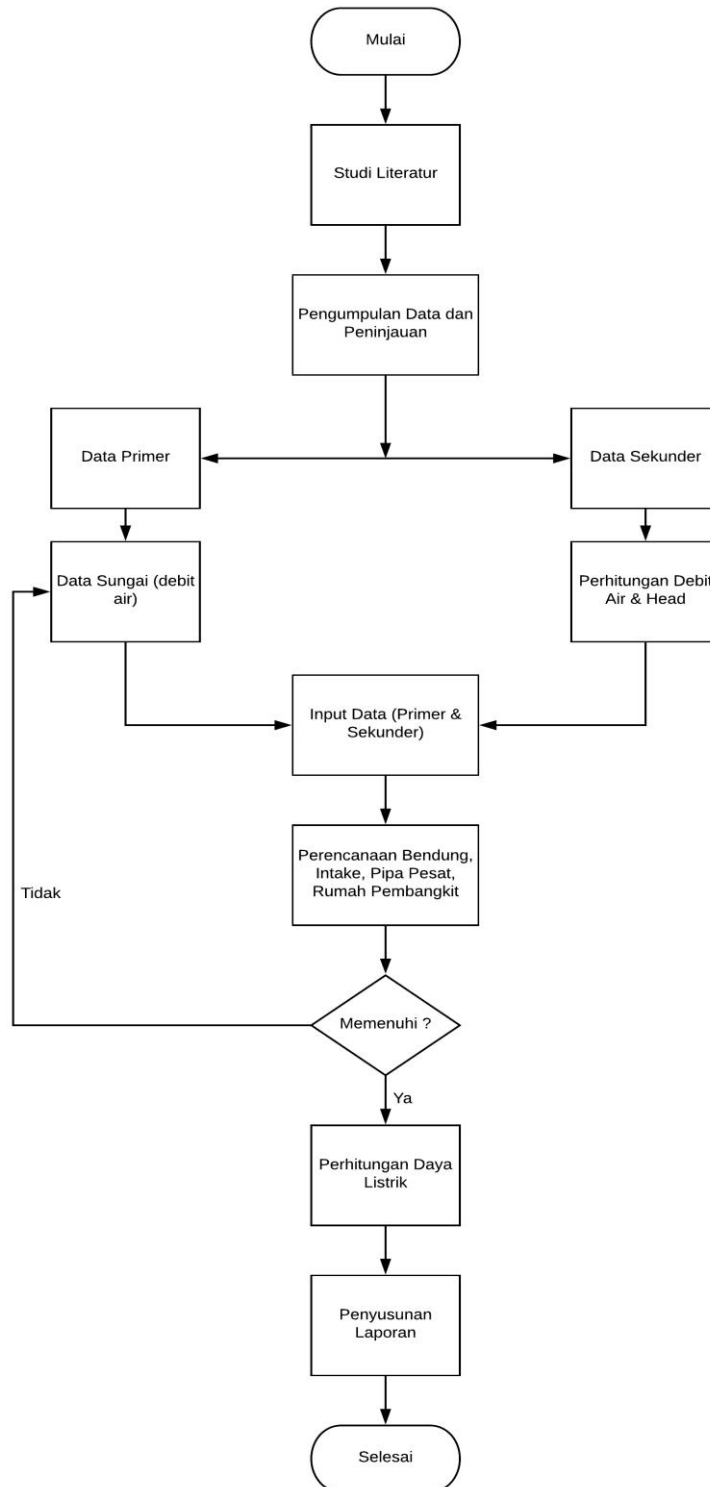
$$Q = A \times V \quad (3)$$

Keterangan :

A	: Luas penampang	(m^2)
V	: Kecepatan air	(m/s)
Q	: Debit air	(m^3/s)
l	: Lebar aliran air	(m)
h	: Kedalaman air	(m)
s	: Jarak botol dialirkan	(m):
t	Waktu	(s)

2.5 Proses desain PLTMH

Proses desain PLTMH terdiri dari dari beberapa desain seperti desain bendung, pintu pengambilan, saluran pembawa, bak penampung, pipa penghantar, rumah pembangkit, dan saluran pembuangan . Selain itu penentuan desain mekanikal dan elektrikal juga diperlukan yang berkaitan dengan pemilihan tipe turbin dan generator.



Gambar 2. Flowchart Penelitian

2.6 Perhitungan Potensi Daya yang Dibangkitkan

Data yang sudah dianalisa dan didapatkan nilai yang diperlukan kemudian digunakan untuk menghitung potensi daya listrik yang dibangkitkan dengan pendekatan.

Potensi daya PLTMH yang dibangkitkan menggunakan pendekatan analisis yang bersifat parametrik (Zuhal,1981) dengan pendekatan :

$$P = g \times Q \times H \times \text{Eff} \quad (4)$$

Keterangan :

P	: Daya	(kW)
g	: Gravitasi	(9,81)
Q	: Debit air	(m ³ /s)
H	: <i>Headnett</i>	(m)
Eff	: Effisiensi turbin	

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Sosial Ekonomi

a. Kondisi Infrastruktur

Perkembangan infrastruktur wilayah di Desa Kagokan Kecamatan Gatak Kabupaten Sukoharjo ditunjukkan dengan bertambahnya rumah penduduk dan diikuti dengan perkembangan sarana penunjang seperti jalan, jembatan, dan lain sebagainya.

b. Mata Pencaharian Masyarakat

Mata pencaharian masyarakat yang tinggal di Desa Kagokan Kecamatan Gatak Kabupaten Sukoharjo pada umumnya petani, peternak, dan lain sebagainya. Penghasilan rata-rata masyarakat yang bekerja sebagai petani dan peternak per hari rata-rata Rp. 100.000, – 200.000 per kepala keluarga sedangkan yang lainnya bervariasi sesuai profesinya masing-masing.

c. Kondisi Elektrifikasi

Kondisi elektrifikasi di wilayah studi sudah tersedia secara permanen dari PLN. Keberadaan energi listrik yang dihasilkan dari PLTMH ini diharapkan dapat digunakan sebagai cadangan energi ketika terjadi pemadaman lampu maupun kendala kelistrikan di wilayah Desa Kagokan.

3.2 Analisa Debit Air

Dalam menghitung debit air digunakan metode apung dengan memanfaatkan beberapa alat yaitu meteran, jam sukat, botol air mineral 600 ml, dan benang. Langkah – langkahnya sebagai berikut:

a. Pilih bagian sungai yang alirannya akan diukur utamakan yang aliran airnya lurus, kemudian tentukan jarak *start* dan *finish*.

- b. Letakkan botol air mineral yang sudah di isi setengah penuh dan apungkan pada titik *start* lepaskan bersamaan dengan start pada jam sukat.
- c. Tunggu botol mengapung sampai pada titik *finish* yang sudah ditentukan, kemudian catat waktu yang diperoleh dari titik *start* ke titik *finish* tersebut, maka akan didapat kecepatan aliran air sungai.



Gambar 3. Pengukuran debit air metode apung

Dengan memanfaatkan meteran dapat diperoleh lebar aliran sungai sebesar 2,4 m, kedalaman sungai sebesar 0,85 m, dan panjang aliran sungai sebesar 4 m, maka :

$$\begin{aligned}
 A &= l \times h \\
 &= 2,4 \times 0,85 \\
 &= 2,04 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Didapatkan luas penampang air (A) sebesar 2,04 m²

Tabel 1 adalah data debit air yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Bengawan Solo (DINAS PUSDATARU) :

Tabel 1. Data debit air saluran induk (*intake*) Bendung Njaen

Bulan	Debit rata-rata (m ³ /s)
Januari	0,32
Februari	0,29
Maret	0,29
April	0,31
Mei	0,32
Juni	0,29
Juli	0,29

Agustus	0,32
September	0,32
Oktober	0,29
November	0,29
Desember	0,32

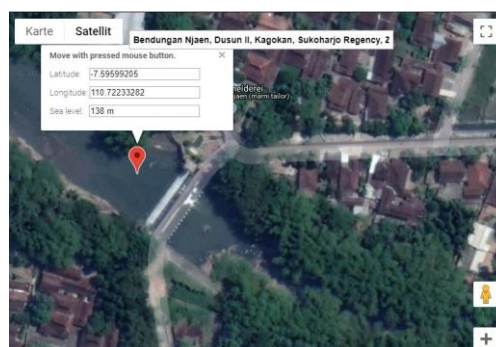
Tabel 2 adalah data debit air yang didapatkan dari metode apung:

Tabel 2. Pengukuran debit air saluran induk (*intake*) Bendung Njaen

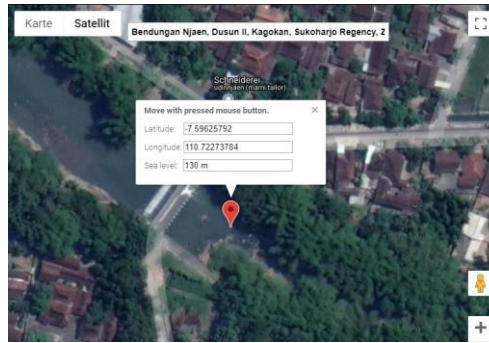
Percobaan	Luas penampang	Waktu	Kecepatan	Debit air
	$A = l \times h$ (m ²)	t (s)	$V = s/t$ (m/s)	$Q = A \times V$ (m ³ /s)
1	2,04	35,12	0,11	0,22
2	2,04	31,34	0,12	0,24
3	2,04	30,23	0,13	0,26
4	2,04	33,25	0,12	0,22
5	2,04	31,35	0,12	0,22
Rata –rata	2,04	32,26	0,12	0,23

3.3 Analisa Head

Headnett atau beda ketinggian pada bendung Njaen dapat diketahui dengan menghitung manual dan memanfaatkan google koordinat. Diperoleh *headnett* dengan nilai 8 meter. Data ini diperoleh dengan rincian pada *head top* adalah 138 meter dan *head bottom* adalah 130 meter.



Gambar 4. Titik *head top* pada google koordinat



Gambar 5. Titik *head bottom* pada google koordinat

Pengukuran *headnett* yang dapat dimanfaatkan di Bendung Njaen adalah sebesar 5 m dengan beberapa pertimbangan seperti ketika terjadi kenaikan jumlah debit air ketika musim penghujan. Lokasi rumah pembangkit berada pada saluran induk yang memungkinkan untuk dibangun rumah pembangkit.

3.4 Analisa Daya Listrik

Berdasarkan dari data yang didapat dari pengukuran debit air dengan metode apung, diperoleh rata-rata debit air sebesar 0,23 m³/s, maka dapat diketahui besarnya potensi daya listrik (P) yang dibangkitkan adalah :

$$\begin{aligned}
 P &= g \times Q \times H \times \text{Eff} \\
 &= 9,81 \times 0,23 \times 5 \times 0,80 \\
 &= 9,02 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

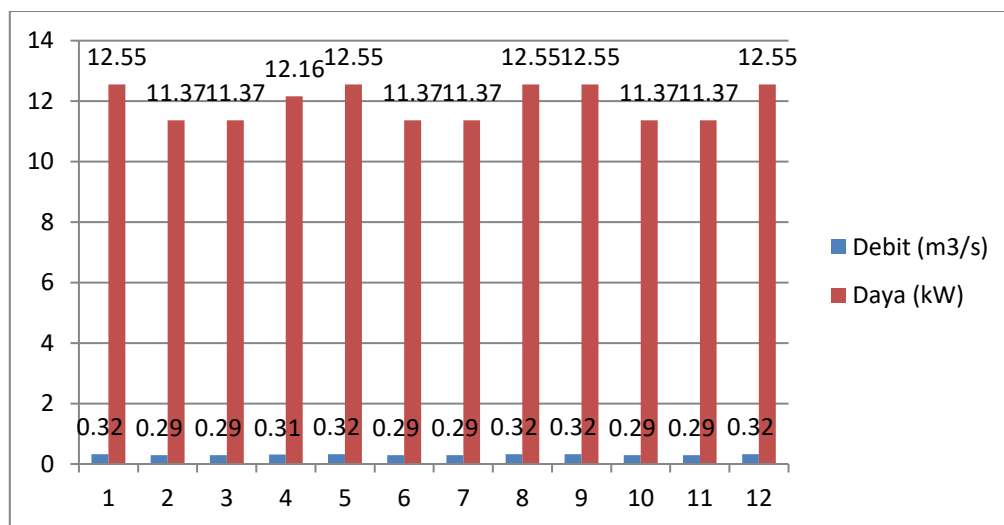
Berdasarkan data debit air yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Bengawan Solo (DINAS PUSDATARU), maka dapat diketahui besarnya potensi daya listrik (P) yang dibangkitkan adalah:

Tabel 3. Analisa potensi daya listrik saluran induk Bendung Njaen

Bulan	Debit Q (m³/s)	Head H (m)	Gravitasi Effisiensi turbin G (m/s²)	Daya P = g x Q x H x Eff (kW)	
Januari	0,32	5	0,80	9,81	12,55
Februari	0,29	5	0,80	9,81	11,37
Maret	0,29	5	0,80	9,81	11,37
April	0,31	5	0,80	9,81	12,16

Mei	0,32	5	0,80	9,81	12,55
Juni	0,29	5	0,80	9,81	11,37
Juli	0,29	5	0,80	9,81	11,37
Agustus	0,32	5	0,80	9,81	12,55
September	0,32	5	0,80	9,81	12,55
Oktober	0,29	5	0,80	9,81	11,37
November	0,29	5	0,80	9,81	11,37
Desember	0,32	5	0,80	9,81	12,55
Rata – Rata	0,304	5	0,80	9,81	11,92

Pada tabel 3 tersebut didapat potensi daya listrik di Bendung Njaen sepanjang tahun 2017. Debit air dan daya yang dihasilkan di Bendung Njaen cukup stabil dalam periode satu tahun.

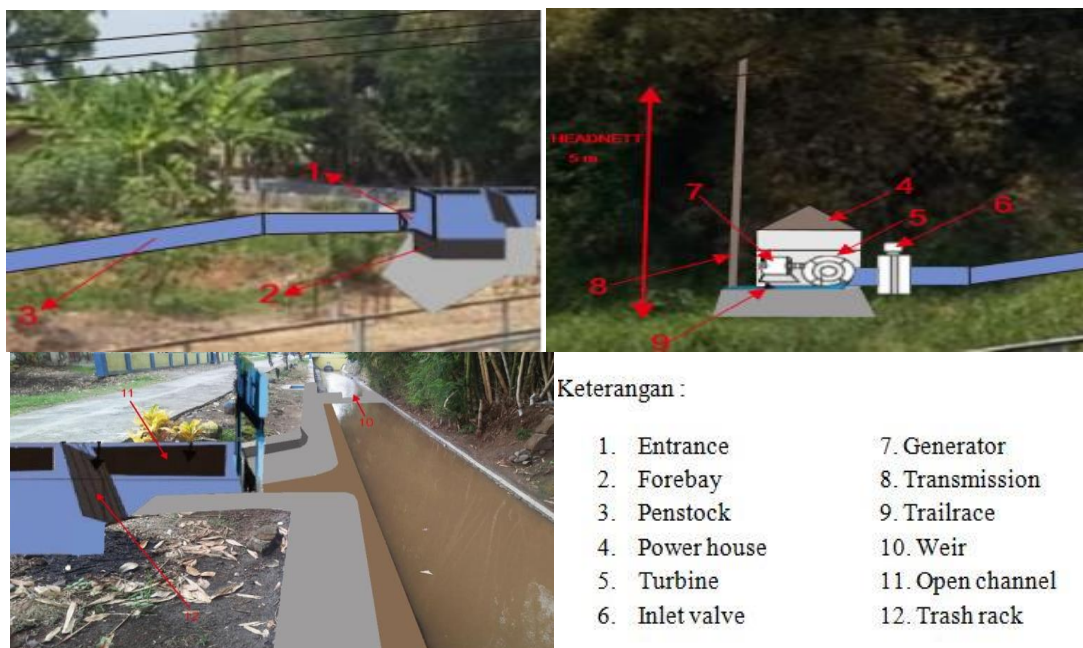


Gambar 6. Grafik debit air terhadap daya yang dihasilkan

Debit air rerata terbesar terjadi pada bulan Januari, Mei, Agustus, September, dan Desember sebesar $0,32 \text{ m}^3/\text{s}$ potensi daya listrik yang dibangkitkan sebesar 12,55 kW dan debit air rerata terendah sebesar $0,29 \text{ m}^3/\text{s}$ potensi daya listrik yang dibangkitkan sebesar 11,37 kW yang terjadi pada bulan Februari, Maret, Juni, Juli, Oktober, dan November.

3.5 Analisa Rencana Bangunan PLTMH

Berdasarkan data yang ada, yaitu antara lain posisi bendung, jarak, kontur tanah, dan sebagainya maka penulis mencoba membuat rancang bangun sistem PLTMH yang bisa dibuat di Bendung Njaen. Rancangan tersebut nampak pada gambar 6 berikut :



Gambar 7. Rancang bangun PLTMH

3.6 Rencana Anggaran Biaya (RAB) PLTMH

Adapun prakiraan RAB untuk kegiatan pembangunan PLTMH Njaen di Desa Kagokan Kecamatan Gatak Kabupaten Sukoharjo. Prakiraan tersebut nampak pada tabel 4 berikut :

Tabel 4. Rencana Anggaran Biaya untuk desain Bendung Njaen

No	Uraian pekerjaan	Jumlah (Rp)
1	Konstruksi Sistem PLTMH	Rp.165.600.000,00
2	Pekerjaan tanah	Rp.5.700.000,00
3	Pekerjaan pasang batu	Rp.210.500.000,00
4	Pekerjaan rumah turbin	Rp.115.600.000,00
5	Pekerjaan pintu air, saringan, dan pipa pesat	Rp.225.700.000,00
6	Pekerjaan turbin, mesin pembangkit, dan panel	Rp.380.650.000,00
7	Pekerjaan jaringan dan termis	Rp.720.000.000,00
Total konstruksi		Rp.1.823.750.000,00
PPN 10%		Rp.182.375.000,00
Total		Rp.2.006.125.000,00

4. PENUTUP

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini adalah :

- a. Lokasi perairan bendungan Njaen cukup berpotensi untuk dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).
- b. Beda ketinggian efektif (*headnett*) dari saluran induk Bendung Njaen yang akan dipasang pipa pesat menuju turbin yang ada pada rumah pembangkit adalah 5 m dengan beberapa pertimbangan seperti ketika terjadi kenaikan jumlah debit air ketika musim penghujan.
- c. Turbin yang digunakan adalah *Cross Flow T-14 D300*. Hal itu disebabkan karena karakteristik bendung Njaen yaitu beda ketinggian 5 M dan debit air 0,304 m³/s.. Turbin *Cross Flow* memiliki rincian yaitu beda ketinggian lebih dari 5 M atau kurang dari 200 M dan debit air lebih dari 0,03 – 16 m³/s dan tipe generator sinkron 3 fasa dengan kapasitas 10 kW.
- d. Debit air yang cukup stabil di Bendung Njaen sepanjang tahun. Sehingga potensi daya yang dibangkitkan pada bendung Njaen untuk dijadikan PLTMH cukup menjanjikan.
- e. Biaya pelaksanaan Bendung Njaen adalah sebesar Rp.2.006.125.000,00 dengan waktu pelaksanaan 13 bulan.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah dalam penelitian tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik berkat dukungan dari berbagai pihak yang telah membantu penulis. Penulis berharap laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak dan pembaca. Dalam kesempatan yang penuh syukur ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas limpahan karunia dan nikmat yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik.
2. Rasulullah Muhammad SAW berkat syafaat dan doanya sehingga umat muslim senantiasa dalam lindungan Allah SWT.
3. Ibu dan bapak tersayang. Yang senantiasa mendukung dan mendoakan penulis. Semoga rahmat Allah Ta'ala selalu menyertai kalian. Amin ya rabbal'alamin
4. Saudara-saudara ku tersayang yang selalu mendukung penulis dalam masa kuliah.
5. Bapak Umar , ST.MT selaku kepala jurusan Teknik Elektro.
6. Bapak Aris Budiman, ST.MT selaku dosen pembimbing yang telah memberi masukan dan semangat kepada penulis dalam proses pembuatan tugas akhir.

7. Dosen Teknik Elektro yang telah memberi ilmu-ilmunya kepada penulis.
8. Balai PUSDATARU Bengawan Solo yang telah memberikan kesempatan untuk memperoleh data yang diperlukan untuk penelitian.
9. Teman-teman yang telah membantu jalannya penelitian dan penulisan laporan tugas akhir.
10. Teman-teman kontrakan yang selalu memberi semangat penulis.
11. Teman-teman mahasiswa jurusan Teknik Elektro.

DAFTAR PUSTAKA

- Albastomiroji. 2018. "Studi Kelayakan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Bendung Trani Kali Samin/Gembong Di Kabupaten Sukoharjo". Ilmiah. Surakarta: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Arismunandar A, dan Kuwahara S. 1991. Teknik Tenaga Listrik Jilid 1, PT. Pradnya Paramita Jakarta.
- Buku Utama Pedoman Studi Kelayakan PLTMH. 2009. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Damastuti, A.P. 1997. "Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro". WACANA No. 8 hal. 11-12.
- Dostal, Zdenek and Libor Ladany. 2018. "Demands on energy storage for renewable power sources". Journal of Energy Storage, 18 (2018): 250-255.
- Michael, Prawin Angle and C. P. Jawahar. 2017. "Design of 15 kW Micro Hydro Power Plant for Rural Electrification at Valara". Energy Procedia, 117 (2017): 168-171.
- Nasir, Bilal Abdullah. 2017. "Design Considerations of Micro-hydro-electric Power Plant". Energy Procedia, 50 (2014): 10-29.
- Pasalli, Yulianus Rombei and Adelhard BeniRehiara. 2014 "Design Planning of Micro-hydro Power Plant in Hink River". Energy Procedia, 20 (2014): 55-63.
- Signe, Elie Bertrand Kengne, dkk. 2017. "Methodology of Feasibility Studies of Mycro- Hydro power plants in Cameroon: Case of the Micro-hydro of KEMKEN". Energy Procedia, 119 (2017): 17-28.